

## ARXEOS IV: UN «EXPERTO» EN ECONOMIA DE LA EDAD DEL BRONCE

JOSÉ S. MESEGUER

### Introducción

La Economía, siguiendo alguna de las definiciones que son consideradas como clásicas, puede ser explicada como el modo en que se combinan el sistema mediante el que es «captado» el conjunto de los recursos naturales de la oferta de un territorio, la tecnología de su transformación y el trabajo necesario para el cumplimiento de ambos extremos, a fin de poder satisfacer las necesidades del hombre y del cuerpo social a que pertenece (Bohanann, 1963).

El poder precisar con exactitud el valor gradual que las diferentes «economías» alcanzan en la Protohistoria, y el nivel logrado por cada uno de esos «grados», en relación con las actividades que los condicionan, resulta algo bastante complicado de considerar y de exponer, entendiendo esa consideración y exposición de la forma más objetiva posibles.

Los trabajos específicos concernientes a la identificación, descripción y clasificación de los materiales arqueológicos, incluido su estudio y análisis, han tropezado desde siempre con un gran inconveniente a la hora de ser tratados científicamente: las enormes dosis de paciencia, dedicación y horas de trabajo que requieren la cantidad y diversidad de datos, es decir de información, que proporcionan los yacimientos arqueológicos.

Es cierto que esto ocurre igualmente en el campo de otras ciencias, pero muchas de ellas y desde hace bastantes años, han solucionado el tratamiento de los grandes volúmenes de información objeto de su estudio, gracias al empleo de las llamadas «Computadoras», por lo que, modernamente, no podrían entenderse la Bioquímica, o la Oceanografía, o la Física, etc..., practicadas por separado y sin el empleo de una serie de medios y métodos instrumentales capaces de recoger, archivar, ordenar y tratar, entre otras muchas cosas, los datos o información propios de sus áreas de aplicación.

También, aunque de ello apenas si hace una veintena de años, las Ciencias Sociales y las Históricas, aceptaron el reto de la modernidad, y al, podríamos llamarlo de este modo, tren de la automatización, o informatización, del tratamiento de

la información, también subía la Arqueología, gracias, y entre otras cosas, al empuje que desde el otro lado del Atlántico se daba a nuestra Ciencia. Así, a las clásicas «metodologías», se sumaba la «Nueva Propuesta»: la de la comprensión y explicación del hecho arqueológico merced, entre otros, al empleo de una serie de técnicas objetivas que permitan el que los análisis de los resultados de la interpretación de los datos, debidamente cualificados y cuantificados, puedan hacerse representativos de un momento de la Cultura humana y de su evolución temporal y distribución espacial.

Técnicas como las de la Estadística y sus sistemas y aplicaciones de cálculo, de análisis y de representación gráfica, o como las del Análisis Estructural, o la Morfometría, etc..., han comenzado a hacérsenos familiares en las páginas de nuestras revistas dedicadas a la Arqueología, y recomendando y aplicando, además de empleando, esas nuevas técnicas, desde nosotros mismos al final de la década de los sesenta, y ello sin ser los primeros como es sabido de todos, nombres como los de Llanos y Vegas, Querol, Montanya, Cabrera y Bernaldo de Quiros, Rovira, Asquerino, Fraile, Lull, Chapa Brunet, Puch Ramírez, López Rodríguez, Frutos Baraja, Mar Sardana, hermanos Montero Ruiz, y seguramente otros muchos que en la premura de la redacción de estas líneas es muy probable que olvidemos, suscriben trabajos en los que de forma directa o indirecta se han empleado estas nuevas técnicas, técnicas que son las específicas de la Ciencia del Análisis y del Cálculo gestionados: la Informática ayudada por uno de sus mejores instrumentos: el Ordenador.

Explicar el cómo y el por qué de la Economía del Pasado, no ha sido, no es, ni será nunca, tarea fácil, y ello si se hace al modo más tradicional: dosis de empirismo en forma de «lección magistral», informaciones inconexas entre sí y sacadas de aquí y de allá, etc..., formas estas todavía, desgraciadamente, comúnmente empleadas en muchos trabajos, con los que se llenan páginas y más páginas de numerosas publicaciones. La objetivación brilla por su ausencia en aportaciones de científicos, más empeñados en que se «vea» su nombre en otra publicación más, que en que se «aprenda» con su doctrina, ya que carece muchas veces de los principios más elementales de la aportación científica: originalidad, evidencia, objetividad, método, etc...

Esta situación se hace sentir más evidentemente hoy que hace unos lustros, debido precisamente a la existencia de esos medios más sofisticados y de nuevas tecnologías que pueden servir de ayuda al Investigador, y que se han puesto al alcance de sus manos en forma de «micro-ordenadores» o de «miniordenadores», ya que al no ser empleados en el mundo de la Arqueología como en el de otras Ciencias, su falta se hace sensiblemente notoria, y los resultados en nuestro área de trabajo, son siempre más parcos, ya que el tratamiento de la información o datos procedentes del «todo» que es un Yacimiento Arqueológico, resulta insuficiente y limitado, en comparación con lo que hacen los profesionales de otras ramas del saber e incluso algunos de nuestros colegas, que cuentan entre sus medios de trabajo con la ayuda de un «ordenador personal» con el que tratan sus Bases de Datos, componen sus

textos y realizan sus cálculos, gracias a la existencia de un mercado de programas en forma de «paquetes integrados», «hojas de cálculo», «procesadores de textos», etc...

Pero la oferta actual del mundo de la Informática, ha comenzado a traspasar las ya conocidas barreras de esos «paquetes», «gestores», «procesadores», etc... para entrar en nuevos ambientes, ambientes entre los que destacan el de los tratamientos de imágenes, diseño asistido por ordenador, reconocimiento de voz, etc..., y, sobre todo, en el llamado mundo de la «Inteligencia Artificial», con los llamados «sistemas expertos».

Resumiendo la larga definición dada por uno de los muchos Comités de la British Computer Society (Naylor, 1986), un «Sistema Experto», pese a configurarse como una de las tecnologías más importante para el futuro, y sobre todo en sus aplicaciones microinformáticas, no es más que un programa de ordenador dotado de la experiencia humana en algún área o campo de conocimiento, capaz de hacer algo que uno no se imaginaba que podía hacerse con un ordenador, ya que ese «algo» solamente podía hacerlo un humano y, además, experto en la materia. Y las dos cosas son verdad, solamente que para que se cumpla la primera es necesario la segunda, la presencia del experto humano, y a partir de ahí, con el empleo de este tipo de programas, los profesionales no expertos en la materia, como corrientemente se dice, pueden llegar a diagnosticar enfermedades comunes entre los seres humanos, o enfermedades de plantas, localizar fallos de mecánica o de electrónica, clasificar tipos variados de fauna, localizar minerales, etc..., al memorizarse, o almacenarse, «dentro» del programa los conocimientos y experiencia de los técnicos y especialistas sobre un determinado tema, adquiridos por ellos en la vida real, a través de un complicado sistema de aprendizaje.

En la elaboración de este tipo de programas, lo que se pretende simular mediante reglas muy concretas es la manera en que los humanos abordan y resuelven determinados problemas, y esas reglas lo que hacen es proporcionar al Ordenador una especie de «inteligencia aparente», como con una cierta capacidad de raciocinio, para que pueda emular las formas de razonamiento de un especialista.

Gracias al desarrollo de un Proyecto de Investigación, denominado genéricamente «ARQUEOS», en el que, subvencionados por la C.A.I.C.Y.T., hemos empleado casi ocho años de trabajo una docena de Investigadores de las Universidades Politécnica y Autónoma de Madrid, ayudados por eso que se llama un «Ordenador», hemos podido preparar la infraestructura necesaria para construir un «programa experto», infraestructura que, como se puede apreciar en la figura 1, consta en este tipo de programas de tres elementos fundamentales:

a) Una «base de datos», o memoria de trabajo, donde se almacenan y archivan una importante colección de informaciones sobre un determinado tema.

b) Una «base de conocimientos» que contiene el conjunto de reglas que sirven para la deducción y el sistema mediante el que se relacionan afirmaciones y recomendaciones de decisión.

c) Un gestor de las «bases de datos y de conocimientos» y parte fundamental del sistema, al que en este tipo de programas se le denomina «motor de inferencias», o conjunto de reglas de razonamiento, encargado de obtener las respuestas

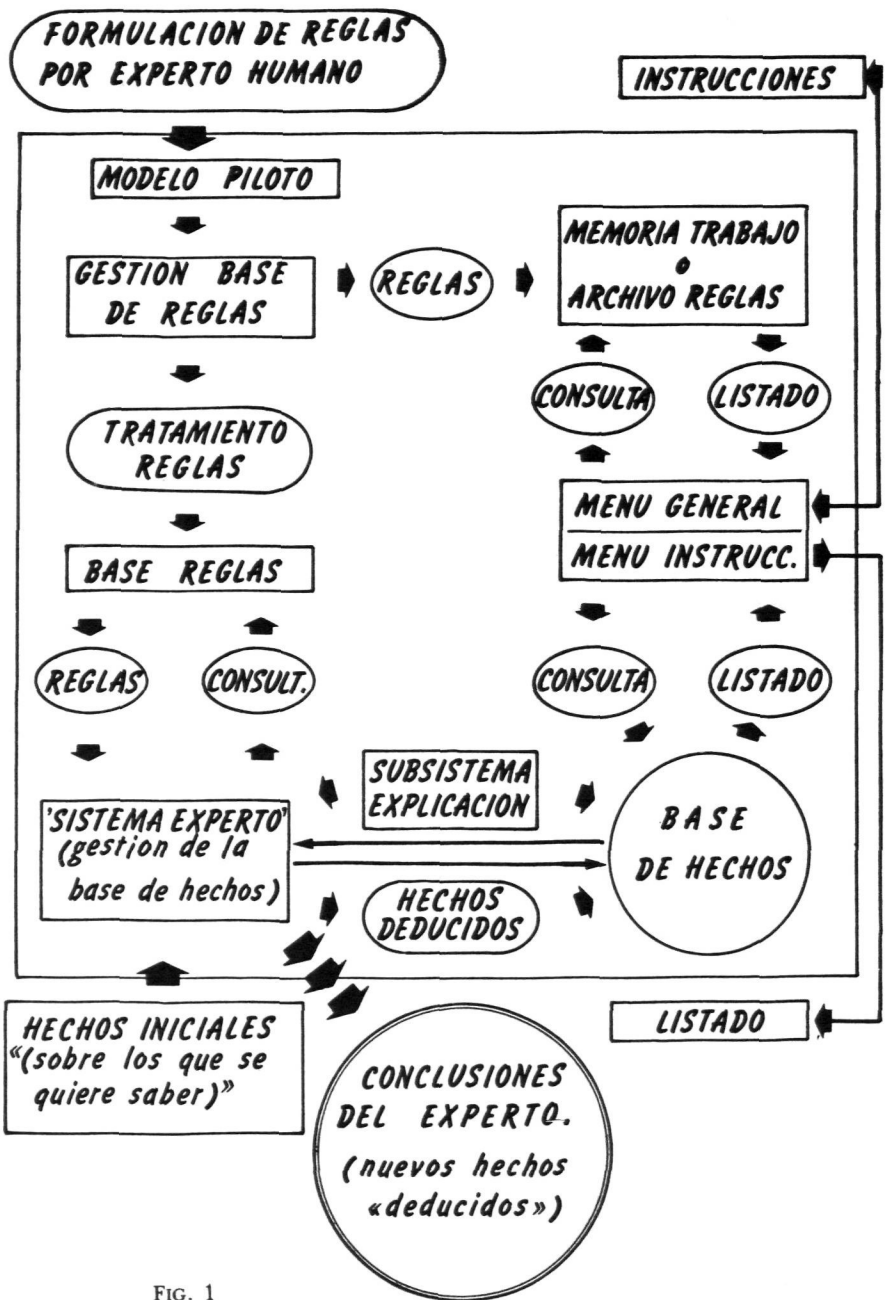


FIG. 1

adecuadas a las preguntas planteadas al sistema, en función de los grados de certeza de las hipótesis de partida.

La utilización de los «Sistemas Expertos» en un campo científico como el de la Arqueología, se hace, además de recomendable, especialmente apropiada cuando son pocos los especialistas que hay sobre un tema (como el de la Arqueozoología), o como cuando la labor rutinaria hace perder la concentración y pueden darse errores por omisión o puede ocurrir algo similar por tener que tratar excesivos volúmenes de información para solucionar un problema determinado (recuérdese el caso de las clasificaciones de formas cerámicas con numerosas variables y atributos). Juegan también un importantísimo papel este tipo de programas, cuando se emplean para verificar un gran número de hipótesis, y preferencias u otras circunstancias de tipo subjetivo y personal, pueden enturbiar o prejuzgar una valoración objetiva.

A nosotros, uno de estos programas nos está ayudando, en el marco del Proyecto de Investigación antes mencionado, y desde hace un par de años, a definir grados y niveles de la economía de los yacimientos de la Edad del Bronce en la Península Ibérica (Sánchez Meseguer, 1987).

«ARXEOS IV», que así se llama el programa, se trata de una aplicación informática inspirada en tres de los más clásicos Programas de «IA», (abreviatura comúnmente empleada para referirse a la «Inteligencia Artificial»), que vienen utilizándose desde hace varios años: MYCIN, PROSPECTOR y DENDRAL, encargados cada uno de ellos de establecer diagnósticos médicos sobre enfermedades infecciosas (meningitis y septicemia concretamente), de ayudar a localizar minerales explotables comercialmente y de automatizar el proceso de deducción de la estructura química de sustancias, respectivamente.

A partir de una «Base de Conocimientos», obtenida de una hábil gestión de una Base de Datos, nuestro programa «experto» pregunta sobre treinta y cinco variables relativas a la presencia de testimonios, en forma de objetos o de restos, y el valor de las relaciones que puedan representar con las actividades económicas encontradas en un yacimiento arqueológico. La respuesta se le da al Ordenador, en un interactivo diálogo a través de la pantalla del monitor, contestando con un valor comprendido entre el + 5, para el sí absoluto a la representatividad de la relación «testimonio-actividad económica», y el — 5 para la negación más absoluta de esa representatividad de la relación, igualmente; combinando hipótesis, cálculos de probabilidad y de verosimilitud, de valores máximos y mínimos, y otras lindezas de carácter matemático, tras unos instantes de, digamos, meditación, el Ordenador se pronuncia, mediante lo que los matemáticos definen como un mecanismo de inferencia o de inducción, sobre el nivel y grado económico del Yacimiento cuyos datos han sido procesados, matizando la respuesta con un ajuste de la probabilidad de que sea cierto el resultado de su «meditación», lo que dice en forma de valor numérico; cuanto más se acerca el valor a 1, más posibilidad existe de que lo «diagnosticado» sea cierto, cuanto más se acerca el rango a 0, menor será la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis propuesta.

A la hora de realizar un programa del tipo como el que acabamos de describir, además de repasar la que empieza a ser abundante Bibliografía sobre el tema, conviene, y esto como casi siempre en todas las cosas, tener presente algunos principios, y en ese sentido, el más fundamental de todos es el de la elección del área de aplicación, que no debe de caracterizarse por contener una gran cantidad de conocimiento de sentido común, y que sin ser demasiado amplia, no sea tampoco demasiado reducida, a fin de que el programa resulte útil.

Construirlo, igualmente, sobre un tema muy restringido limita su utilidad ya que probablemente lo que se «expertiza» puede leerse en un manual (piénsese en, por ejemplo, un «experto» para clasificar utillaje lítico), pero construirlo sobre un tema o área del conocimiento muy amplia, sería igualmente contraproducente, ya que conforme aumenta su extensión, aumenta de forma paralela el número de dificultades para conseguir una realización completa. En subcampos del conocimiento de un área, es donde realmente funcionan (y si no recuérdese los que se usan en el diagnóstico médico, que no son «expertos» en todo tipo de diagnósticos, sino en el diagnóstico de tan sólo algunas enfermedades).

Seleccionada el área, debe de tenerse de ella una perspectiva general para saber si la parcela que se quiere tratar aporta realmente algo mediante su tratamiento por un sistema «experto», es decir, se debe analizar y comprobar que se trata de un problema adecuado en sus planteamientos, a fin de esperar soluciones oportunas, o, lo que viene a ser lo mismo, hay que definir la tarea y objetivos claramente.

A estos primeros pasos, deberán seguir el de la búsqueda de la colaboración de un experto en el tema con el que se pretende trabajar, experto al que el tema no debe de resultarle ni demasiado fácil ni demasiado difícil de resolver, y acumular de su experiencia la información necesaria en forma de resultados, evidencias medibles y razonamientos o reglas de su relación, de forma más o menos simbólica.

Con todo ello se construirá un primer «piloto» de la «base de conocimientos», al que se le pondrá a trabajar, sometiendo los primeros resultados que se obtengan de sus razonamientos y conclusiones, al análisis crítico del experto humano, y tras la repetición de esta sistemática durante algún tiempo, el «experto» lo acabará siendo de verdad, pues el programa va «aprendiendo» a relacionar hechos o aserciones (primeras partes de las sentencias de lógica) con hipótesis o deducciones (segundas partes de esas mismas sentencias), pero de tal manera que conforme su Base de Conocimiento crece, a determinadas preguntas responde con información deducida QUE NO LE HA SIDO FACILITADA, gracias al «motor de inferencia», convirtiéndose así en un «experto» recursivo que, y esto es lo que parece más interesante, proporciona nuevos temas en los que pensar en relación con lo que uno cree saber que sabe, gracias a una especie de proceso de aprendizaje mutuo.

«ARXEOS IV» parte para reconstruir la economía protohistórica de la Edad del Bronce, del principio de que cada actividad «producible y rentable» del Pasado, puede estar representada por uno o más objetos o testimonios arqueológicos, y que la ausencia o abundancia de estos, relacionados además con el entorno y contexto en que aparecen, representan un grado, e incluso un nivel dentro de él, de esa «economía» en forma de autosuficiencia, insuficiencia, dependencia, etc...

Baste como ejemplo de lo que proponemos el hecho de que la agricultura, como actividad económica, puede estar representada en un Yacimiento arqueológico de muy distinta forma y con diferente valor a través de los objetos que la representan, y que puede ser más pobre un poblado en el que sólo aparecen elementos agrícolas relacionados con la siembra y la recolección, aunque sean muy abundantes, que otro en el que apenas aparezcan denticulados o útiles de roturación, y en cambio abundan los objetos de molturación y los recipientes o estructuras de almacenamiento. Valorar en estos casos el «sí» o el «no» de esos objetos, considerándolos además en un entorno o ecosistema, y obtener su representatividad económica en función de las distintas actividades que representan a los modos de vida de las sociedades metalúrgicas, se hace tremendamente complicado si no se recurre a uno de estos «Sistemas Expertos» y al aparato capaz de tratar velozmente grandes cantidades de información, que es para lo que mejor sirve el llamado, permitásenos la licencia, «tonto rápido» del mundo de la electrónica.

Nuestro «experto» en Economía de la Edad del Bronce pregunta desde el Ordenador a su interlocutor en relación con las siguientes actividades o restos, directa o indirectamente representados, en el Yacimiento:

- Recolección de frutos silvestres...?
- Recolección de plantas útiles...?
- Consumo de moluscos...?
- Práctica de la caza menor...?
- Práctica de la caza mayor...?
- Consumo de animales domésticos jóvenes...?
- Consumo de carne de animales domésticos...?
- Utillaje pecuario...?
- Utillaje óseo...?
- Proximidad a vías de comunicación...?
- Útiles de sementera...?
- Útiles denticulados...?
- Útiles de molienda...?
- Grandes recipientes...?
- Estructuras de almacenamiento...?
- Útiles de minería...?
- Moldes de fundición...?
- Escorias de fundición...?
- Útiles de metal...?
- Objetos «exóticos»...?
- Objetos «fuera de contexto»...?
- Objetos de adorno...?
- Útiles de piedra tallada...?
- Adornos metálicos...?
- Idolos...?
- «Vajillas» cerámicas...?
- «Urbanismo»...?

- Tumbas con ajuar...?
- Cordelería y esterería...?
- Carpintería...?
- Estructuras religiosas...?
- Estructuras defensivas...?
- «Acequias»...?
- Areas de producción...?
- Armas metálicas...?

Lo hace mostrando una «pantalla» como la que aparece en la figura 2, y tras haberle contestado con la valoración debida para el «sí» o para el «no», vuelve a efectuar nuevas preguntas, como ya se ha dicho, hasta dar por concluido el proceso, para lo que verifica cálculos y análisis suficientes como para «pronunciarse» en otra «pantalla» como la de la figura 3.

## EXPERTO EN GRADOS DE ECONOMIA

### PROYECTO ARXEOS 1987

HAY RESTOS ARQUEOLOGICOS EN:

→ CUEVA DE P. FERNANDEZ

QUE TESTIMONIE LA PRESENCIA DE:

\*\* → OBJETOS DE ADORNO?

RESPONDA CON UNA ESCALA DE VALORES QUE QUEDEN COMPRENDIDOS ENTRE:

— 5 («NO» ABSOLUTO) Y + 5 («SI» ABSOLUTO)

SI IGNORA LA RESPUESTA, O NO LE INTERESA DARLA, ESCRIBA SIMPLEMENTE «0»

→ + 5

FIG. 2

A partir de ese momento, la persona que esté empleando el «Sistema Experto» está en condiciones de sacar sus propias deducciones, ejercitando su capacidad de síntesis y de comparación con otros Yacimientos «testeados» de esta manera, y de la misma o de diferente área geográfica o cultural.



### EXPERTO

\* EL RESULTADO MAS PROBABLE ES EL DE QUE CUEVA DE  
P. FERNANDEZ

SE TRATE DE UN YACIMIENTO CORRESPONDIENTE A UN NIVEL  
ECONOMICO DE:

→ GRADO 3 BAJO

CON UNA PROBABILIDAD DE: .971653354

FIG. 3

El programa puede ser igualmente empleado con fines pedagógicos o docentes (Sánchez Meseguer, 1986), ya que permite acercar a los alumnos al modo del «conocimiento» que un especialista tiene sobre una materia determinada, permitiéndoles, en cierta medida, seguir las pautas metodológicas de análisis e interpretación, que los profesionales de la Arqueología emplean para leer los grandes capítulos de la Socieconomía de los pueblos que no escribieron su Historia más que en los restos de lo que comieron, en los derrumbes de las casas que habitaron y sobre los útiles de hueso, de cerámica o de metal que emplearon en su vida de cada día, e incluso escrita en los que se llevaron como ajuar a su vida de ultratumba.

Se puede reconstruir el Pasado gracias a esos métodos y a instrumentos como el «Ordenador»: una herramienta más de trabajo al servicio de la Arqueología y de sus profesionales, y que, como decíamos líneas arriba, vale cuando sirve, pues aunque nuestro optimismo en la defensa de la utilización de esas máquinas y de las técnicas de trabajo que su manejo suponen es evidente, no nos hace olvidar en ningún momento el que sus aplicaciones y los métodos que comportan, tienen que ser considerados con cierta precaución y, sobre todo, aplicados con prudencia, adaptándolos en cada ocasión a la naturaleza del tema que se estudia, sin pretender estandarizaciones milagrosas, y sin olvidar considerar con las debidas reservas, aunque también con renovada esperanza, su aplicación en la Investigación y en la Enseñanza.

## BIBLIOGRAFIA

- ALTY, J. y COOMBS, M.: *Sistemas Expertos. Conceptos y ejemplos*. Ed. Díaz de Santos, Madrid, 1986.
- ANÓNIMO. *Inteligencia Artificial. El sueño del Siglo*. Chip-Micros, núm. 25, págs. 44 y ss., Madrid, 1987.
- BARR, A. y FEIGENBAUM, E. A.: *The handbook of Artificial Intelligence*, Pitman Books, Londres, 1981.
- BOHANNAN, P.: *Social Anthropology*, págs. 211 y ss., Nueva York, 1963.
- GONDRAN, M.: *Introduction aux Systemes Experts*. Ed. Eyrolles, Paris, 1984.
- HARTNELL, T.: *Inteligencia Artificial: conceptos y programas*. Ed. Anaya, Multimedia, S. A., Madrid, 1985.
- MONTERO RUIZ, I. y M. A.: *Análisis asistido por ordenador, de yacimientos arqueológicos*. Boletín de la Asociación E.A.A., núm. 20, págs. 51 y ss., Madrid, 1984.
- NAYLOR, C.: *Construya su propio Sistema Experto*. Ed. Díaz de Santos, Madrid, 1986.
- OEHARA, M.: *Sistemas Expertos. Programar con inteligencia*. Chip-Micros, núm. 24, págs. 46 y ss., Madrid, 1985.
- RICHARDS, J. D. y RYAN, N. S.: *Data procesing in archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- SÁNCHEZ MESEGUER, J.: *La importancia de la Informática en los estudios de Arqueología*. I Jornadas de Metodología Arqueológica de Murcia, Manuscrito multicopiado, Murcia, 1986.
- SÁNCHEZ MESEGUER, J.: *Ordenadores y Economía: aproximación a la de la Edad del Bronce en el Altiplano*. II Jornadas de Historia de Yecla. Homenaje a D. Gratiniano Nieto, Yecla, 1987 (en prensa).
- STOURDZA, P.: *Inteligencia Artificial y Bases de Datos*. Informática Hoy, núm. 14, págs. 44 y ss., Madrid, 1982.
- VARIOS AUTORES. *Inteligencia Artificial (varios artículos)*. Chip. Revista de Informática, núm. 59, junio, págs. 41 y ss, Madrid, 1986.
- WATERMAN, DONALD A.: *A Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass., 1985.
- WHALLON, R.: *The Computer in Archaeology. A critical survey*. Archaeology, núms. 7-1, págs. 29 y ss., Nueva York, 1972.
- WINSTON, P. H.: *Artificial Intelligence*. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass., 1984.